



TITLE:

Water Desalination( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Tsuen, Chienen

---

CITATION:

Tsuen, Chienen. Water Desalination. 京都大学, 1967, 工学博士

ISSUE DATE:

1967-05-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/212245>

RIGHT:

氏 名	鄭 建 炎 つえん ちえん えん
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 153 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	<b>Water Desalination</b> (塩水の真水化)

論文調査委員 (主 査)  
教 授 高松 武一郎 教 授 合 田 健 教 授 水 科 篤 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は塩水の真水化についての新プロセスの開発と既に提案されているプロセスの改善に関するもので、熱力学と最大原理に基づく最適化の数学的手法の二つの観点に立脚しており、6章からなっている。

第1章は緒論で、まず水不足、水質汚濁の問題に関連して経済的な塩水の真水化プロセスの開発の重要性にふれ、ついで真水の分離プロセスの分類と、分離に要する理想的な最小エネルギー、ならびに実現可能なプロセスの不可逆過程の要因について考察を加えている。また、熱力学的な最小分離エネルギーに近づけるために不可逆効果を減少させようとする一般にプラント容量が大となり、ここにプロセス最適化の問題が起ってくることを指摘して本論文の目的を明らかにしている。

第2章は冷凍プロセスによる塩水の真水化の新プロセスについて述べたものである。著者は通常の有機溶剤の凝固点が、圧力が高くなるにつれて高温の方へ移動するのに反し、水のそれは逆に低くなる事に着目して本プロセスを構成している。すなわち、低圧下で塩水の凝固点よりやや低い凝固点を有する、水と溶けあわない液体を媒体として選ぶならば、低圧下で凝固した媒体と塩水を接触させると、媒体が融解熱を塩水から取って液状になると同時に、塩水中の真水が部分的に氷になる。この塩水、氷および液状媒体から容易に塩水のみを分離でき、残った氷と液状媒体の混合物を加圧するならば、媒体と水の凝固点が反転して氷が融け真水になると同時に、媒体は部分的に凝固する。真水を分離したのち固体を含む媒体を低圧部に循環することにより上記のプロセスが繰り返えられる。著者はこのようなプロセスを考察することにより、通常の液の蒸発による冷凍法に比して、ガス体と液体の密度差により装置が小さくなり、また蒸発法に比してはるかに小さい温度差でプロセスが遂行されるため、所要エネルギーが少なくすむことを指摘している。なお媒体としていかなるものが考えられるかについても考察を加えており、C数が12~15の炭化水素すなわちベンゼンとナフタレンの混合物、トリデカンとテトラデカンの混合物などが凝固点ならびに水への不溶解性の点からみて適当であるとしている。

第3章は内蔵エンジン (Built-in-Engine) と著者が称しているプロセスにより一定圧力下で多段蒸発

を行なわしめる新しい蒸発プロセスについて述べたものである。従来の蒸発法の熱エネルギーの再利用は、発生蒸気をより低い圧力の罐の加熱源として用いる多重効用システムか、あるいは発生蒸気を再圧縮して用いる自己蒸気圧縮システムによるものである。著者は、塩水に不溶の溶剤を加えると沸点が低下すること、および水蒸気と溶剤蒸気の混合物を、溶剤蒸気を吸収する液体と接触させると溶剤蒸気が吸収されて水蒸気分圧が高くなり、そのため高い温度で凝縮するという事実とを利用して、熱の利用率を高くする新しい蒸発プロセスの原理を述べている。この方法では沸点を下げるための溶剤とその溶剤を吸収させるための吸収剤は凝縮温度付近では互いに充分溶けあうが、簡単な冷却により二相に分離するようなものが望ましく、著者は *n*-オクタンと *o*-クロロ硝ロベンゼンをあげて説明している。本章の終りでは熱収支の観点から必要な熱エネルギーを求める式を誘導し、必要エネルギーがいかに少なくてすむかを考察している。

第4章は、第2章で述べた冷凍プロセス、あるいは逆浸透法において運転経費の大きい部分を占める、低圧液体の圧縮経費を低減するため考案されたフローワーク交換器についての記述である。従来高圧プラントへ流入する供給液は、圧縮器で所定の圧力まで加圧され、高圧プラントから排出される液体のもつ圧力エネルギーはタービンなどを駆動させることによって相当量回収されるとはいえ、エネルギーの回収効率率は圧縮器、タービン、モーターなどの効率に支配され決して高い値とはいえない。著者は低圧液体を加圧して高圧プラントに送入するプロセスを、原理的に、液体の輸送を伴わない変圧と極く僅かの圧力変化しか伴わない液体の輸送とに分割して考え、前者の部分に対してあたかも熱交換器のごときフローワーク交換器を低圧流入液体と高圧排出液体の間に使用することにより、圧力エネルギーの回収率を大幅に上昇させることができることを、数値計算例をも示して指摘している。なお逆浸透プロセスを例にとり塩水の真水化の経費を計算し、フローワーク交換器を用いた場合その処理経費が2割程度低下することを示している。

第5章においては、いままでに述べられてきた塩水真水化の諸プロセスの最適設計に有効に使用されうると著者が考えている離散型の最大原理について、微分法からその随伴系、ハミルトニアンの意味を説明し、ついで連続的プラントにおける連続最大原理との関係について考察を行ない、両者の随伴ベクトルの間の関係、ならびにハミルトニアンの変数に関する微係数間の関係を導いている。また著者は状態変数のうちのあるものの終端値が固定されている場合に対する、随伴ベクトルの境界値の決定の困難さを克服する反復計算法を提案しているが、これは要するに最大傾斜法の利用と考えられる。

第6章は前章の最適化の数理的手法を既に提案されている多重効用多段フラッシュ蒸発法に適用して、その定式化ならびに数値解を示したもので、本プロセスから真水を取り出した残りの濃縮塩水の濃度は、3重効用の場合約0.06~0.07重量分率の場合にもっとも経済的になる事を示している。

## 論文審査の結果の要旨

水不足の問題は、米国の緊急に解決すべき問題の一つになっており、海水の真水化、排水の再利用が盛んに研究されているが、実用上、十分に経済的な水生産プロセスは確立されておらない現状である。この論文は熱力学的考察と最適化の数理的手法を基盤として、新しい真水化プロセスの開発とその最適化の手

法について述べたものである。

本論文を貫いている思想は、熱力学的不可逆過程の不可逆性を少なくすることによる所要エネルギーの低下と、それを実現するための装置建設費の増加の両面からみて、最適な真水化プロセスを開発して行うとしているものであり、特に、遂行したい主プロセスに別の副プロセスをからみ合わせて同時に両プロセスを進行させ、熱力学的効率を高めようという着想の実現に取り組んだものである。

本論文の主なる寄与は次の通りである。

- (1) 水と有機溶剤はそれぞれ、圧力による凝固点の変化特性が逆であることに着目し、有機溶剤の液体 - 固体間の変態による熱の授受を利用して、冷凍法の熱効率を大幅に高めうることを示した。
- (2) 塩水の多重効用蒸発プロセスに、水と溶け合わない二種の液状媒体の蒸発、凝縮を複合させることにより、塩水の沸点が低下し、蒸気の凝縮温度が高くなる事実を利用して、圧力一定下で多重効用蒸発の効果をあげうることを可能性を示した。
- (3) 高圧プロセスにおいて運転経費を大きくする原因である液体圧縮のエネルギーに着目し、排出流体の圧力エネルギーと流入流体のそれとを交換させ、流体の移行を圧力差の小さい状態で達成させるフローワーク交換器を考案し、塩水の真水化の経費を大きく節減できる事を示した。
- (4) 多重効用多段フラッシュ蒸発を例にとり、離散型最大原理を適用できるよう、プロセス方程式の定式化について詳細な記述を行ない、最適化の数理的手法について明解な実用的な方法を提案した。

以上述べたように、この論文は、熱力学的着想と数理的手法を用いて、塩水の真水化の開発と改善にあたった研究をまとめたものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。